

DEVIATION PREVENTING DEVICE FROM TRAFFIC LANE

Patent Number: JP11180327
Publication date: 1999-07-06
Inventor(s): MIICHI YOSHIKI; NAKANE YOSHIFUSA; HAYAFUNE KAZUYA; OTA TAKASHI
Applicant(s): MITSUBISHI MOTORS CORP
Requested Patent: ☐ JP11180327
Application Number: JP19970349833 19971218
Priority Number(s):
IPC Classification: B62D6/00; B60R21/00
EC Classification:
Equivalents: JP3246424B2

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a deviation preventing device for any vehicle from a traffic lane, which can give a proper control torque for steering in accordance with the driver's level of consciousness without obstructing the steering operation based upon the driver's will and can inform the driver about his vehicle deviating from the intended traffic lane without giving him a sense of incompatibility.
SOLUTION: A sideways dislocation calculating means 4A calculates the sideways dislocation of the running position of a vehicle 1 from the reference position on a running traffic lane while a control torque calculating means 5 calculates the control torque for steering of such a size as the driver can easily overcome on the basis of the dislocation amount obtained by the calculating means 4A. The calculating means 5 includes a control gain setting means 5C, and thereby the control gain of the control torque calculated on the basis of the dislocation amount is set on the basis of the vehicle operating situation which is sensed by situation sensing means 26, 27, 28, 29, 30. A control means 6 controls a steering actuator 21 so that the control torque set by the means 5 is generated in such a direction as decreasing the sideways dislocation.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-180327

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月6日

(51) Int.Cl.⁸
B 6 2 D 6/00
B 6 0 R 21/00
// B 6 2 D 101:00
111:00
137:00

識別記号

6 2 0

F I

B 6 2 D 6/00

B 6 0 R 21/00

6 2 0 Z

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平9-349833

(22) 出願日 平成9年(1997)12月18日

(71) 出願人 000006286

三菱自動車工業株式会社

東京都港区芝五丁目33番8号

(72) 発明者 見市 善紀

東京都港区芝五丁目33番8号 三菱自動車工業株式会社内

(72) 発明者 中根 吉英

東京都港区芝五丁目33番8号 三菱自動車工業株式会社内

(72) 発明者 早船 一弥

東京都港区芝五丁目33番8号 三菱自動車工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 真田 有

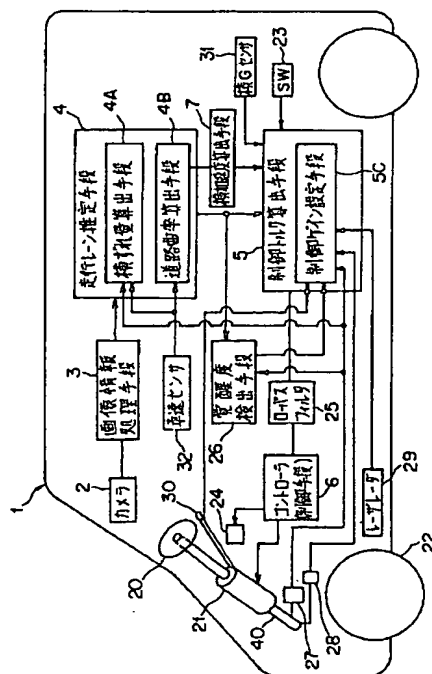
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車線逸脱防止装置

(57) 【要約】

【課題】 車線逸脱防止装置に関し、ドライバの意思による操舵操作を妨げることなく且つドライバの意識レベルに応じて適切な操舵用制御トルクを付与して、ドライバに違和感を与えることなく車線逸脱の回避をドライバに的確に案内できるようにする。

【解決手段】 横ずれ量算出手段4Aにより、走行車線の基準位置からの車両1の走行位置の横ずれ量を算出し、制御トルク算出手段5により、横ずれ量算出手段4Aで算出された横ずれ量に基づいてドライバが容易に打ち勝てる程度の大きさの操舵用制御トルクを算出する。このとき、制御トルク算出手段5の制御ゲイン設定手段5Cでは、横ずれ量に基づいて算出した制御トルクの制御ゲインを運転状況検出手段26、27、28、29、30で検出された車両の運転状況に基づいて設定する。制御手段6は、このように制御トルク算出手段5で設定された制御トルクが横ずれ量を減らす方向に発生するように車両の操舵アクチュエータ21を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 自車両が走行車線から逸脱しそうになるとこれを防止する方向にドライバの加える操舵トルクとは別にドライバが容易に打ち勝てる程度の操舵用制御トルクを該車両の操舵アクチュエータにより付与させて該車両の車線逸脱の防止を案内する車線逸脱防止装置であって、
該走行車線の基準位置からの該車両の走行位置の横ずれ量を算出する横ずれ量算出手段と、
該横ずれ量算出手段で算出された該横ずれ量に基づいて制御トルクを算出する制御トルク算出手段と、
該制御トルク算出手段で算出された該制御トルクが該横ずれ量を減らす方向に発生するように該操舵アクチュエータを制御する制御手段と、
該車両の運転状況を検出する運転状況検出手段とをそなえ、
該制御トルク算出手段に、該運転状況検出手段で検出された該運転状況に応じて該横ずれ量に基づいた該制御トルクの制御ゲインを設定する制御ゲイン設定手段が設けられていることを特徴とする、車線逸脱防止装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自動車が走行車線から逸脱しそうになるとこれを防止する方向にドライバの加える操舵トルクとは別にドライバが容易に打ち勝てる程度の操舵用制御トルクを加えて車両の車線逸脱の防止を案内する、車線逸脱防止装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、走行中の道路に対する車両の位置や姿勢の把握を行ない、これに基づいて自動車の自動走行制御を行ったり、ドライバの運転を案内したりする技術（運転案内装置）が開発されている。自動走行制御の場合、ドライバに何ら頼ることなく自動車を運転することが必要であり、道路をはじめとした基本的施設（インフラ）を整備するなど、その実用化には様々な条件整備が前提となる。

【0003】一方、運転案内装置の場合、自動車を運転するのはあくまでもドライバであり、運転案内装置はドライバの運転操作のミスドライバに知らせたりミスを解消する方向へ運転を補助したりするものである。したがって、運転案内装置は、現在の道路環境においても実現可能な技術が多く、より実用性の高い運転案内装置の開発が望まれている。

【0004】こうした運転案内装置の一つに車線逸脱防止装置がある。この車線逸脱防止装置としては、自動車が不注意で走行車線から逸脱しそうになると運転車に警告を発する技術（特開昭63-214900号公報）がある。しかし、単に警告を発するだけでは居眠りをしているドライバには有効でない場合があるため、さらに積極的に、自動車が走行車線内の一定位置（例えば中央位

置）を走行するように操舵制御を行なう技術（特開平7-104850号公報）も提案されている。

【0005】さらに、このように自動車が走行車線内の一定位置を維持するように制御する場合、ドライバの不用意な操舵など一時的な操舵異常により自動車が走行車線内からはみ出そうとした際にこの制御がはたらくと他車両との緩衝を招くことがある。このため、こうした場合には自動車を走行車線内の一定位置まで戻すのではなく、走行車線内であっても車両がはみ出そうとした側に偏った位置を保持するように操舵制御を行なう技術（特開平5-297939号公報）も提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述のような運転案内装置の一つである車線逸脱防止装置の場合、自動車が走行車線から逸脱しないようにするためにドライバの加える操舵トルクとは別に操舵用アクチュエータを通じて操舵用制御トルクを加えることが必要になるが、この場合に加える操舵用制御トルクは、あくまでも、車両がドライバの本来の意思に反して本来走行すべき走行車線から逸脱しようとしたとき、これを防止するように加えられるべきである。

【0007】つまり、運転案内装置はドライバの運転操作のミスをドライバに知らせたりミスを解消する方向へ運転を補助したりするものであり、操舵操作の主体はあくまでもドライバである。したがって、運転案内装置の一つである車線逸脱防止装置においてもドライバの意思は尊重されるべきであって、操舵用制御トルクをドライバが容易に打ち勝てる程度の大きさに抑制することが必要になる。さらに、ドライバが自己の意思によって走行車線から逸脱しようとしたときまで、これを防止するよう操舵用制御トルクを加えるものであってはならない。このような場合にまで操舵用制御トルクが加えられると、例えばそれがドライバが容易に打ち勝てる程度の大きさであってもドライバは違和感を感じることになる。

【0008】例えば、先行車両の追い越しや前方の障害物を避けるような場合は、一度走行車線から逸脱して車線変更する必要があるが、このような場合に走行車線からの逸脱を防止するよう操舵用制御トルクが付与されると、ドライバの操舵操作が妨げられ車線変更が遅れてしまう等の不具合が生じる。なお、このような場合の手段として、方向指示器（ウインカ）で示した方向へは走行車線からの逸脱を許容するようにした技術（特開平6-171392号公報）も提案されているが、全てのドライバが必ずしも車線変更時にウインカを操作するとは限らないため、この技術のみによって根本的な解決手段とすることはできない。

【0009】また、車両逸脱防止装置は車両が走行車線から逸脱することによる危険を防止するためのものであるが、車両が走行車線から逸脱したとしてもドライバが通常の注意力を有している場合、即ち、意識レベルが高

い場合は、ドライバ自身により走行車線への復帰が行なわれるため逸脱のおそれは少ない。このような場合、走行車線から逸脱の度に操舵用制御トルクが付与されるとドライバが煩わしさを感じる虞がある。

【0010】これに対して、ドライバが通常の注意力を失っている場合、例えば眠気を有している場合等の意識レベルが低い場合は、車両が走行車線から逸脱のおそれが大きくなるため、ドライバに車線逸脱を知らせることができ、かつ正規の走行車線へ案内することができる程度の大きさの操舵用制御トルクを付与する必要がある。

【0011】したがって、操舵用制御トルクは常に一定の大きさのものを付与するのではなく、車線逸脱のおそれの程度に応じて、即ち、ドライバの注意力に応じた大ききとしたほうがよい。なお、このような操舵用制御トルクを付与した場合、ドライバは一般に操舵用制御トルクの大ききさに応じた反応を示すものと考えられる。つまり、操舵用制御トルクを大きくすれば、ドライバは比較的速やかに車線逸脱回避のための操舵操作を行なうものと考えられる。このため、操舵用制御トルクの大ききさは、車両が走行車線から逸脱しようとしている度合い（例えば走行車線の基準位置からの車両の横ずれ量）に応じたものにすることが、車線からの逸脱を速やか且つ円滑に回避する上で好ましい。

【0012】本発明は、上述の課題に鑑み創案されたもので、ドライバの意思による操舵操作を妨げることなく且つドライバの意識レベルに応じて適切な操舵用制御トルクを付与することにより、ドライバに違和感を与えることなく車線逸脱の回避をドライバに的確に案内できるようにした、車線逸脱防止装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】このため、請求項1記載の本発明の車線逸脱防止装置では、横ずれ量算出手段が、走行車線の基準位置からの車両の走行位置の横ずれ量を算出し、制御トルク算出手段が、横ずれ量算出手段で算出された横ずれ量に基づいてドライバが容易に打ち勝てる程度の大きさの操舵用制御トルクを算出する。

【0014】このとき、制御トルク算出手段の制御ゲイン設定手段では、横ずれ量に基づいて算出した制御トルクの制御ゲインを運転状況検出手段で検出された車両の運転状況に基づいて設定する。制御手段は、このように制御トルク算出手段で設定された制御トルクが横ずれ量を減らす方向に発生するように車両の操舵アクチュエータを制御する。

【0015】これにより、自車両が走行車線から逸脱しようになるとこれを防止する方向にドライバの加える操舵トルクとは別にドライバが容易に打ち勝てる程度で且つ車両の横ずれ量に応じると共に車両の運転状況に応じた操舵用制御トルクが操舵アクチュエータにより付与されて車両の車線逸脱の防止が案内される。なお、上記運

転状況検出手段として例えば車両の前方障害物を検出する手段（例としてレーザレーダ）を設けるようにしてもよい。この場合、レーザレーダ等の検出手段により前方障害物を検出し、障害物に達するまでの余裕時間に応じて制御ゲインを下げ、ドライバの意思による走行車線からの逸脱にそなえる。上記運転状況検出手段としてドライバの覚醒度を検出する覚醒度検出手段を設けるようにしてもよい。この場合には、覚醒度検出手段で検出された覚醒度が高い程、制御ゲインを下げ、ドライバに操舵操作をゆだねるようにする。

【0016】また、上記運転状況検出手段として例えば操舵トルクセンサ及び／又は操舵角センサを設けるようにしてもよい。この場合、操舵トルクセンサ及び／又は操舵角センサによりドライバの入力した操舵トルク及び／又は操舵角速度を検出し、これらの操舵トルク及び／又は操舵角速度に応じて制御ゲインを下げ、ドライバの意思による走行車線からの逸脱を許容する。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面により、本発明の実施の形態について説明すると、図1～図13は本発明の一実施形態としての車線逸脱防止装置を示すものである。本車線逸脱防止装置（レーンガイダンスシステムとも言う）は、自動車において自車両が走行車線から逸脱しようになるとこれを防止するためのものであり、走行車線に対する自車両の位置を認識して、車線逸脱のおそれが生じると、図1に示すように、車両にそなえられた操舵アクチュエータ21によりドライバの加える操舵トルクとは別の操舵トルク（この操舵トルクは、ドライバの加える操舵トルクと区別するために操舵用制御トルクと呼ぶ）を与えて、操舵中のドライバにステアリングホイール（以下、ハンドルともいう）20を通じて車線逸脱を警告するものである。

【0018】もちろん、この操舵用制御トルク自体も、車両の挙動を修正する作用があるが、この操舵用制御トルクは、あくまでも操舵系を通じてドライバに警告することが主目的であり、車線を逸脱しような車両の位置を修正するのは、この操舵用制御トルクが加えられたことで車線を逸脱しようなことを認識したドライバの操舵操作によって行なうべきものとしている。

【0019】したがって、本車線逸脱防止装置は、図1に示すように、走行車線に対する自車両の位置を認識するために、車両1の前方の道路状態を撮像する撮像手段としてのカメラ2と、カメラ2からの画像情報を適宜処理して前方道路上の左右の白線位置を認識する画像情報処理手段3と、この画像情報処理手段3による白線位置画像情報から車両の走行レーン（走行車線）の基準位置に対する所定時間後における横ずれ量 ΔY を予測して算出する横ずれ量算出手段4Aと、車両に作用する横加速度Gを算出する横加速度算出手段7とをそなえている。

【0020】なお、横ずれ量 ΔY は、車両1が車線を逸脱しそうな度合いに関する判定パラメータに相当し、横加速度 G はカーブ路におけるドライバの負担に関する判定パラメータに相当する。また、横ずれ量算出手段4Aは、横加速度 G の判定パラメータである道路曲率 ρ を算出する道路曲率算出手段4Bとともに、自車両に対する走行車線（走行レーン）の相対位置を推定する走行レーン推定手段4内の機能要素としてそなえられている。

【0021】さらに、本車線逸脱防止装置は、横ずれ量算出手段4Aにより算出された横ずれ量（横偏差） ΔY 、即ち、車線を逸脱しそうな度合いと、横加速度算出手段7により算出された横加速度 G 、即ち、カーブ路におけるドライバの負担とに基づいて、操舵用制御トルク T_c を算出する制御トルク算出手段5と、ドライバの加える操舵トルクとは別に操舵用制御トルクを操舵系に付与しうる操舵アクチュエータ21と、この制御トルク算出手段5で算出された操舵用制御トルク T_c が横ずれ量 ΔY を減らし、また、横加速度 G に対抗する方向に発生するように操舵アクチュエータ21を制御する制御手段（コントローラ）6とをそなえている。

【0022】また、本車線逸脱防止装置の作動を選択するスイッチ（SW）23がそなえられている。したがって、本装置を作動させたければスイッチ23をオンに、本装置を作動させたくなければスイッチ23をオフに、ドライバの好みに応じて選択できるようになっている。さらに、例えばインパネ（インストルメントパネル）内には、スイッチ23がオンの場合、又は、車線逸脱防止のための制御トルクが加えられている場合に、これを表示する作動表示部24が設けられている。

【0023】なお、画像情報処理手段3、走行レーン推定手段4（横ずれ量算出手段4A、道路曲率算出手段4B）、横加速度算出手段7、制御トルク算出手段5、コントローラ6は、CPU、入出力インタフェース、ROM、RAM等をそなえてなる電子制御ユニットとして構成される。まず、走行車線に対する自車両の位置認識、即ち、自車両の横ずれ量 ΔY の算出について説明する。

【0024】画像情報処理手段3では、まず、図2に示すように、カメラ2からの原画像3Aを取り込み、この原画像3Aから道路白線を抽出して、抽出した道路白線の画像を、鉛直上方から見たような平面視画像3Bに変換する。次に、白線12L、12Rの認識について図3を参照しながら説明する。なお、ここでは、走行レーン左端の路側線としての白線12Lの認識について説明するが、走行レーン右端の白線12Rを基準とする場合についても同様であるため、左端の白線12Lについては単に白線12と称することにする。

【0025】次に、画像情報認識手段3では、図3（a）に示すように、車両1にそなえられたカメラ2により平地において車両前方の範囲（例えば5m～30m）の白黒画像情報を取り込み、この画像情報から画面

上で縦方向の画像を一部省略する。そして、この画面上で等間隔になるような複数の水平線11を設定する。この白黒画像情報の取り込みは、微小な制御周期毎に更新されるようになっており、図3（b）に示すように、それぞれの水平線11上において前回の画面での白線位置の左右の所要の範囲（ここでは、左右50画素〔dot〕）を白線探索エリア（処理対象領域）10として設定する。また、初回の画面は、直線路における白線位置を前回の画面データとして利用する。

【0026】そして、図3（c）に示すように、各水平線の明度をそれぞれ左から横方向に微分する。また、図中の符号14はガードレールである。ところで、通常の路面は輝度が低く、輝度変化も小さい。これに対して、白線12は通常の路面に比較して輝度が非常に高いので、このように道路の明度を微分すると、通常の路面から白線12への境界点で輝度変化がプラス、白線12から通常の路面への境界点で輝度変化がマイナスとなるような微分データが得られる。このような微分データの一例を図3（d）に示す。

【0027】そして、各水平線11のデータそれぞれについて、微分値のピークが左からプラス、マイナスの順に並んで現れ、且つそれぞれのピークの間隔が白線12として妥当と思われる程度（プラスのピークからマイナスのピークまでの間隔が例えば30dot以内）に納まっている組み合わせを白線候補として抽出し、通常は、図3（e）に示すように、その中点Mを白線候補点15として保存する。

【0028】そして、これらの白線候補点15のうち、画面中心に最も近いもののみを最終候補点として残す。これは、例えば車両1が左側通行の場合、探索エリア10の中の右側が通常輝度変化の少ない道路路面であり、この通常の道路路面に最も近い白線候補点15が白線12と判断できる。したがって白線12よりもさらに左側に、ノイズの原因となる物体（例えばガードレール14等）が存在する場合であっても、カメラ2により撮像された画像情報から白線12を確実に認識することができる。

【0029】そして、図3（f）に示すように、最後に各水平線データにおける白線候補点15の上下方向の連続性を画面の下方から順次検証していく。まず、事前に前画面での白線12の上下端間の傾きを計算しておく。そして、最下点15Aを白線12とすると、一本だけ上の水平線11上の候補点15Bが、前回の白線12の傾き分 ± 50 dotの範囲内に入っているかを検証する。

【0030】候補点15Bがこの範囲内に入っていればこれを白線とし、入っていないときは候補点15Bは却下されて、上述の傾きから補間計算した座標が白線位置としてみなされる。そして、この検出を各水平線について同様の作業を行なうことにより、連続した白線12を認識することができるのである。このような白線認識の作業は、所要の周期で継続して行なわれ、その都度白線

12の認識が更新されるようになっている。

【0031】走行レーン右端の路側線としての白線12Rの認識についても、これと同様に行なわれる。走行レーン推定手段4では、このように各認識周期で認識された原画像3A上の白線12R、12Lを平面視画像3Bに変換して、走行レーン左端の白線12Lから推定しうる道路中心線 LC_L と走行レーン右端の白線12Rから推定しうる道路中心線 LC_R とに基づいて、道路中心線 LC の推定を行なうようになっている。そして、この道路中心線 LC に基づいて、横ずれ量算出手段4Aにより現時点における横ずれ量 ΔY_0 と偏角 β とを算出する。

【0032】なお、偏角 β とは、図4に示すように、屈曲した道路中心線 LC の接線方向と車両進行方向とがなす角である。道路中心線 LC の接線方向は、カメラ画像で得られる画像情報のうち車両に最も近い検出レベルである第1検出点（図中には近地点と示す）における道路中心線位置（基準線位置）から、この近地点よりもさらに車両1から所定距離 L だけ離れた第2検出点（図中には遠地点と示す）における道路中心線位置（基準線位置）に向かう方向であり、各位置情報から算出することができる。また、車両進行方向は、現在の車両位置から、現在の操舵角を維持して所定距離 L だけ離れた時点における車両位置に向かう方向であり、これらの2地点の情報から算出することができる。

【0033】そして、この例では、車両に最も近い地点である第1検出点における自車両中心線（点P1参照）と道路中心線 LC （点 $LC1$ 参照）との横方向距離（道路幅方向、即ちカメラ画像の横方向の距離）を現時点における横ずれ量（現時点横偏差） ΔY_0 として算出する。また、第2検出点は、第1検出点から所定時間 t 後に到達すると予測できる地点（ $LC2$ 、 $P2$ ）、つまり、第1検出点から現時点での車速 V に所定時間 t を乗じて得られる距離 $L (= Vt)$ だけ離れた地点としてお

$$\rho = 2 \sin (\theta / 2) / L \quad \dots \dots \dots (1)$$

つまり、この曲率指標 θ の値は、第2検出点（ $LC2$ ）におけるカーブの屈曲度を表す指標であり、曲率指標 θ が大きい程、第2検出点（ $LC2$ ）におけるカーブの曲率 ρ が大きく、カーブが急であることを示している。

【0037】横加速度算出手段7では、このようにして

$$G = \rho \times V^2 \quad \dots \dots \dots (2)$$

なお、車両1には横加速度センサ31がそなえられており、この横加速度センサ31によっても、実際に車両1に作用している横加速度を検出できるようになっている。

【0038】制御トルク算出手段5では、このようにして算出される走行車線の基準位置（道路幅中央位置）に対する車両の横ずれ量 ΔY と、車両1に作用する横加速度 G とに基づいて操舵用制御トルク T_c を設定するが、本装置では、この操舵用制御トルク T_c の設定に特徴がある。つまり、本装置では、単に、車両の横ずれを防止

り、これらの第1検出点（ $LC1$ ）と第2検出点（ $LC2$ ）とを結んだ直線と、車両1の進行方向線（ $P1P2$ ）とがなす角を偏角 β として算出する。なお、所定時間 t 後に到達すると予測できる車両位置（ $P2$ ）は、操舵角センサ27で検出された操舵角 α をもとに算出する。

【0034】横ずれ量算出手段4Aは、上述のごとく算出された偏角 β に車速センサ32で検出された車両の車速 V と所定時間 t とを乗算して所定時間 t 後における横ずれ変化量 $\Delta y (\Delta y = \beta \times V \times t)$ を算出し、これに現時点における横ずれ量（横偏差） ΔY_0 を加算して予測横ずれ量（以下、単に横ずれ量という） $\Delta Y (= \Delta Y_0 + \beta \times V \times t)$ を算出する。なお、所定時間 t は運転手の一般的なハンドル20の操作速度や、画像情報処理手段3等による道路状況の認識速度を考慮して適宜の時間に設定されている。また、車速 V に応じて可変にしてもよく、第1検出点から第2検出点までの距離 L が一定となるように所定時間 t を設定してもよい。

【0035】一方、道路曲率算出手段4Bでは、道路中心線の画像情報に基づいて走行レーンの曲率（道路曲率） ρ を推定するようになっている。まず、図5に示すように、例えば、上述の第1検出点（ $LC1$ ）と第2検出点（ $LC2$ ）に対して、さらに第2検出点（ $LC2$ ）から距離 L だけ前方の第3検出点（ $LC3$ ）を与えて、第1検出点（ $LC1$ ）から第2検出点（ $LC2$ ）に至る第1のベクトル $LC1LC2$ と、第2検出点（ $LC2$ ）から第3検出点（ $LC3$ ）に至る第2のベクトル $LC2LC3$ とのなす角度 θ を第2検出点（ $LC2$ ）における曲率指標（曲率特性）として算出する。

【0036】そして、これらの距離 L と曲率指標 θ とから走行レーンの曲率（道路曲率） ρ を次式により算出する。

$$\rho = 2 \sin (\theta / 2) / L \quad \dots \dots \dots (1)$$

道路曲率算出手段4Bにより算出される走行レーンの曲率 ρ を基に車両に作用する横加速度 G を算出する。つまり、車速センサ32で検出される車両の走行速度の大きさを V とすると、横加速度 G は次式で算出される。

$$G = \rho \times V^2 \quad \dots \dots \dots (2)$$

するためのトルク（横ずれ防止トルク）に基づくだけでなく、車両に加わる横加速度に対してハンドルを舵戻し易くするためのトルク（舵戻補助トルク）にも基づいて、操舵用制御トルクを設定するようになっている。

【0039】すなわち、図12に示すように、制御トルク算出手段5は、横ずれ防止トルク T_y を算出してこの横ずれ防止トルク T_y に所定のゲイン K_y を乗算する機能（横ずれ対応操舵用制御トルク算出手段）5Aと、この算出手段5Aによる算出値 $K_y \cdot T_y$ に、車両に加わる横加速度に応じた補正を施す機能（操舵用制御トルク

補正手段)5Bとをそなえている。

【0040】補正手段5Bは、保舵補助トルク T_g を算出してこの保舵補助トルク T_g に所定のゲイン K_g を乗算する機能(補正量算出手段)5aと、この補正量算出手段5aによる算出値 $K_g \cdot T_g$ を横ずれ対応操舵用制御トルク $K_y \cdot T_y$ に加算することで補正を施して、補正後操舵用制御トルク($K_y \cdot T_y + K_g \cdot T_g$)を得る補正量加算手段5bとから構成される。

【0041】この横加速度に応じた保舵補助トルクによる補正は、車両に横加速度が加わる場合には、これに対向するような保舵力が必要となり、このような保舵力を補助することで、車線逸脱防止のための操舵制御をカーブ路等でも違和感なく行なえるようにするためである。一般に、車両がカーブ路を走行しているときには、カーブの曲率や車両の走行速度に応じて車両の横方向に作用する遠心力が旋回を妨げる方向に働くので、この遠心力による横加速度 G の大きさに応じて保舵補助トルク T_g を加算し、操舵用制御トルクの補正を行なっている。

【0042】ここで、横ずれ防止トルク T_y について説明すると、横ずれ対応操舵用制御トルク算出手段5Aでは、図6に示すように、横ずれ量 ΔY に比例するように横ずれ防止トルク T_y を設定する。なお、図6中、横ずれ量 ΔY に関する横座標は、右方向が右側への横ずれを、左方向が左側への横ずれを示しており、横ずれ防止トルク T_y に関する縦座標は、上方向が車両を車線左側へ導く左操舵を、下方向が車両を車線右側へ導く右操舵を示している。

【0043】つまり、図6に示すように、車両が道路中心線から右側へずれば、この横ずれ量 ΔY に応じて車両を車線左側へ導く左操舵の横ずれ防止トルク T_y を設定し、車両が道路中心線から左側へずれば、この横ずれ量 ΔY に応じて車両を車線右側へ導く右操舵の横ずれ防止トルク T_y を設定する。ただし、いずれも、横ずれ防止トルク T_y の大きさは一定値 T_{ym} で制限している。ここでは、横ずれ量 ΔY の大きさが Y_1 となったら横ずれ防止トルク T_y の大きさを一定値 T_{ym} に制限している。これは、横ずれ防止トルク T_y は、自動操舵に用いる操舵トルクとは異なり、ドライバに警告することが主目的であって、車両の位置を修正するのはドライバの操舵操作によるため、操舵用制御トルク T_c は、ドライバの操舵操作を妨げない程度の大きさに、つまり、ドライバが容易に打ち勝てる程度の大きさに制限しているのである。

【0044】また、操舵用制御トルク補正手段5Bの機能要素である補正量算出手段5aでは、図8に示すように、横加速度 G に比例するように保舵補助トルク T_g を設定する。なお、図8中、横加速度 G に関する横座標は、右方向が車両の右方向への横加速度の作用を、左方向が車両の左方向への横加速度の作用を示しており、保舵補助トルク T_g に関する縦座標は、上方向が車両を車

線左側へ導く左操舵を、下方向が車両を車線右側へ導く右操舵を示している。

【0045】図8に示すように、車両に右方向への横加速度が作用すれば、この横加速度 G に応じて車両を車線左側へ導く左操舵の保舵補助トルク T_g を設定し、車両に左方向への横加速度が作用すれば、この横加速度 G に応じて車両を車線右側へ導く右操舵の保舵補助トルク T_g を設定する。ただし、いずれも、保舵補助トルク T_g の大きさは一定値 T_{gm} で制限している。ここでは、横加速度 G の大きさが G_1 となったら保舵補助トルク T_g の大きさを一定値 T_{gm} に制限している。これは、上述のように、ドライバが容易に打ち勝てる程度の大きさに制限しているのである。

【0046】補正量算出手段5aでは、このように算出された保舵補助トルク T_g に対して適宜のゲイン K_g を乗じる。補正量加算手段5bでは、横ずれ量 ΔY から算出した横ずれ対応の操舵用制御トルク $K_y \cdot T_y$ に加算することで、車両の横加速度に応じた補正を行ない、補正後操舵用制御トルク($K_y \times T_y + K_g \times T_g$)を得るようになっている。

【0047】このようにして、横ずれ量 ΔY と横加速度 G とに基づいて操舵用制御トルクが算出されるが、図1、図12に示すように、本制御トルク算出手段5には、さらに制御ゲイン設定手段5Cが設けられており、この制御ゲイン設定手段5Cにより、運転状況に応じた制御ゲインの設定が行なわれる。つまり、制御ゲイン設定手段5Cは、操舵用制御トルク補正手段5Bで補正された補正後操舵用制御トルク($K_y \times T_y + K_g \times T_g$)に、さまざまな運転状況に応じたゲイン K_a 、 K_b 、 K_{c1} 、 K_{c2} 、 K_d を乗じ、これにより最終的な操舵用制御トルク T_c [$T_c = K_a \cdot K_b \cdot K_{c1} \cdot K_{c2} \cdot K_d \cdot (K_y \times T_y + K_g \times T_g)$]を得るようになっている。

【0048】まず、制御ゲイン設定手段5Cは、前方障害物までの余裕時間に対応してゲイン K_a を設定する。つまり、自車両の前方同一レーン上に先行車両等の障害物がある場合、ドライバはハンドルを操作して一度走行車線から逸脱し、前方障害物を避ける可能性が高い。このような場合においても走行車線から逸脱に対して操舵用制御トルクが加えられると、ドライバのハンドル操作が遅れる等の不具合が生じる虞がある。このため、前方に障害物がある場合は、この障害物を避けるためのドライバのハンドル操作を許容する必要があるが、このドライバがハンドル操作を行なう可能性は、車両が障害物に達するまでの時間(余裕時間)が短いほど高くなると考えられる。

【0049】そこで、車両1には運転状況検出手段の1つとしての障害物検出手段としてのレーザレーダ29がそなえられており、制御ゲイン設定手段5Cは、このレーザレーダ29により前方同一レーン上の障害物を検知

し、車両1と障害物との相対距離と相対速度とを検出して、車両1が障害物に達するまでの余裕時間（相対距離／相対速度）を得るようになっていく。

【0050】そして、図10（a）に示すように、余裕時間が短い程、ゲイン K_a を徐々に下げようとする。図10（a）中、余裕時間が t_1 以下の場合にはゲイン K_a を0、即ち操舵用制御トルクを加えないようにしているが、これは余裕時間が t_1 以下の場合では、ドライバがハンドル操作を行なう可能性は極めて高いためであり、逆に余裕時間が t_2 以上の場合ではハンドル操作を行なう可能性は極めて低いためゲイン K_a を1としている。

【0051】このように余裕時間に応じてゲイン K_a を下げることにより、ドライバの意思による走行車線からの逸脱にそなえるようになっていく。次に、制御ゲイン設定手段5Cは、ドライバの意識レベル（覚醒度）に応じてゲイン K_b を設定する。つまり、ドライバの覚醒度が高ければ走行車線から逸脱したとしても危険度は低く、操舵用制御トルクの付与は却って煩わしさを与える虞があるのに対し、ドライバの覚醒度が低い場合は走行車線から逸脱したときの危険度は高いので、ドライバの覚醒度が低いほどゲイン K_b が大きくなるような設定を行なう。

【0052】ドライバの覚醒度の検出は、車両1にそなえられた運転状況検出手段としての覚醒度検出手段（ドライバモニタシステム）26により行なうようになっていく。この覚醒度検出手段26は、ドライバの個人差、体調にあまり依存せずに覚醒度の高低を検出できるものでさえあれば、その構成については問わないが、例えば、特開平7-9879号公報に開示されているような技術を用いてもよい。

【0053】この技術によれば、覚醒度検出手段26は横ずれ標準偏差算出手段とハンドル操作ずれ標準偏差算出手段とを機能要素としてそなえており、まず、横ずれ標準偏差算出手段は、横ずれ量算出手段4Aにより算出された横ずれ量 ΔY を統計処理して横ずれ量 ΔY の標準偏差を算出するようになっていく。一方、ハンドル操作ずれ標準偏差算出手段は、まず、道路曲率算出手段4Bにより算出された道路曲率 ρ の情報に基づき、走行レーンを車両1がトレースする際の基準操舵角をドライバモデルから算出する。次いで、この基準操舵角と操舵角センサ27により検出された操舵角 α とを比較し、基準操舵角に対するハンドル操作ずれ量 $\Delta\alpha$ を統計処理してハンドル操作ずれ量 $\Delta\alpha$ の標準偏差を算出するようになっていく。

【0054】覚醒度検出手段26は、これらの横ずれ量 ΔY の標準偏差とハンドル操作ずれ量 $\Delta\alpha$ の標準偏差との情報に基づいて、走行レーンが直線であるときには、算出された横ずれ量 ΔY の標準偏差が大きいとドライバの覚醒度が低いと判断し、走行レーンが曲線であるとき

には、算出されたハンドル操作ずれ量 $\Delta\alpha$ の標準偏差が大きいとドライバの覚醒度が低いと判断するようになっていく。

【0055】このようにしてドライバの覚醒度が検出されると、制御ゲイン設定手段5Cは、図10（b）に示すように、覚醒度が低い程、ゲイン K_b を徐々に上げるように設定する。なお、図10（b）中、覚醒度が a_1 以下の場合にはゲイン K_b を1としているが、これは覚醒度が a_1 以下の場合では、ドライバが眠気を感じている等の虞があり、走行車線から逸脱したときの危険度は極めて大きいので、積極的に操舵用制御トルクを付与して走行車線からの逸脱を防止するためである。これに対し、覚醒度が a_2 以上の場合ではドライバは十分な注意力を有していると考えられるので、煩わしさを与えないようにゲイン K_b を所定値 k_{b1} まで下げるようにしている。ただし、このような場合でもドライバの操作ミスの可能性はあるので、所定値 k_{b1} 以下には下げないようにしている。

【0056】さらに、制御ゲイン設定手段5Cは、ハンドルの操舵トルクと操舵角速度とに対応してそれぞれゲイン K_{c1} 、 K_{c2} を設定する。つまり、ドライバが自己の意思により走行車線を逸脱しようとする場合は、居眠り等により走行車線から逸脱する場合に比べて、大きな操舵トルク、操舵角速度によりハンドルを操舵すると考えられるので、操舵トルクが大きいほど、また、操舵角速度が大きいほど、ドライバが自己の意思で走行車線から逸脱しようとしている可能性は大きいと推定される。

【0057】そこで、ハンドルの操舵トルクは、ステアリングシャフト40（図1、図13に示す）にそなえられた運転状況検出手段としての操舵トルクセンサ28により検出する。また、操舵角速度は運転状況検出手段としての操舵角センサ27で検出された操舵角 α をもとに算出する。そして、制御ゲイン設定手段5Cは、これらの操舵トルク、操舵角速度に対応してそれぞれゲイン K_{c1} 、 K_{c2} を設定する。

【0058】つまり、図10（c）、（d）に示すように、操舵トルクが大きい程、また、操舵角速度が大きい程、それぞれゲイン K_{c1} 、 K_{c2} を徐々に下げるような設定とする。図10（c）、（d）中、操舵トルクが $T\alpha_1$ 以上の場合、及び操舵角速度が $V\alpha_1$ 以上の場合にはそれぞれゲイン K_{c1} 、 K_{c2} を0、即ち操舵用制御トルクを加えないようにしているが、これは操舵トルクが $T\alpha_1$ 以上の場合、及び操舵角速度が $V\alpha_1$ 以上の場合では、ドライバが自己の意思により走行車線からの逸脱操作を行なっている可能性が極めて高いためである。

【0059】このように操舵トルク、操舵角速度に応じてゲイン K_{c1} 、 K_{c2} を下げることにより、ドライバの意思による走行車線からの逸脱を許容するようになっていく。また、制御ゲイン設定手段5Cでは、上述のよ

うに余裕時間、覚醒度、操舵トルク、操舵角速度に応じてゲインを設定するとともに、ウインカ情報をもゲイン設定のための制御情報として用いている。つまり、ドライバが自己の意思により車線変更したり、右左折しようとする場合には、必ずとはいえないがウインカ30により逸脱しようとする方向を指示する。そこで、ドライバがウインカ30で逸脱方向を指示した場合には、指示した方向への操舵用制御トルクのみゲイン K_d を0にして指示方向への逸脱を許容するようになっている。

【0060】ところで、操舵アクチュエータ21は、ステアリングシャフトにトルクを加えうるアクチュエータであればよく、例えば、図13に示すように、ステアリングシャフト40の図示しないトーションバーよりも下方（パワーステアリング側）に設置した小型電動トルクモータ41により構成してもよい。この場合、モータ41からステアリングシャフト40へのトルク伝達は、ウォーム42aとウォームホイール42bとからなるウォームギヤ42を介して行なうが、ウォームホイール42bとステアリングシャフト40の間にはトルクリミッタ43を介装する。このトルクリミッタ40により、万が一モータ41が固着した場合でもドライバーは容易にハンドル20の操作を行なうことができる。また、モータ41は最大トルクを必要最小限に設定されており、例えばコントローラ6に故障が生じてドライバーに過剰な制御トルクが伝達されないようになっている。

【0061】なお、制御トルク算出手段5とコントローラ6との間には、実際に操舵アクチュエータ21で発揮される制御トルクが急変することなく滑らかに連続するように制御トルク算出信号の出力に対して平滑化処理するローパスフィルタ25が介装されている。本発明の一実施形態としての車線逸脱防止装置は、上述のように構成されているので、車線逸脱防止の処理は、例えば図11に示すように行なわれる。

【0062】つまり、制御スイッチ23がオンか否かが判定され（ステップS10）、制御スイッチ23がオンでなければ車線逸脱防止の処理は行なわないが、制御スイッチ23がオンであれば、ステップS20以降の処理を行なう。即ち、まず、横ずれ対応操舵用制御トルク算出手段5Aで横ずれ量に応じた制御トルクを算出し（ステップS20）、操舵用制御トルク補正手段5Bでこの制御トルクに横加速度に基づく補正を施し（ステップS30）、さらに、制御ゲイン設定手段5Cにより運転状況に応じて制御トルクのゲインを設定する（ステップS40）。そして、コントローラ6を通じて、この横加速度に基づく補正を施された制御トルクに応じた制御量で操舵アクチュエータ21を作動させるとともに、作動表示部24に表示信号を出力する（ステップS50）。

【0063】このような処理を図12のブロック図を用いて説明すれば、走行車線に対して、ドライバ側ではこれを視覚により認知しながら適宜判断を行なって、操舵

操作を行なう。一方、本車線逸脱防止装置（レーンガイダンスシステム）では、まず、カメラ2を通じた画像認識により走行車線に対するレーン認識を行なって、車両の車線の基準位置（ここでは、道路中心線LC）からの所定時間後における横ずれ量 ΔY を算出して、この横ずれ量 ΔY から横ずれ防止トルク T_y を算出する。次いで、走行車線に対するレーン認識により検出された走行レーンの曲率 ρ に基づいて車両に作用する横加速度 G を算出して、この横加速度 G から保舵補助トルク T_g を算出し、この保舵補助トルク T_g を横ずれ防止トルク T_y に加算する。さらに、さまざまな運転状況に基づいてゲイン K_a 、 K_b 、 K_{c1} 、 K_c 、 K_d を設定し、こうして得られた操舵用制御トルク T_c に基づいて操舵アクチュエータ21を作動させる。

【0064】これにより、ドライバの操舵トルクと操舵アクチュエータ21による操舵用制御トルクとが加算された状態となって、パワーステアリング装置を経て操舵輪22側へ伝達され、操舵輪22を転舵するのである。このような各処理について更に詳述すれば、制御トルクを算出するにあたり、まず、所定時間後において車両が走行車線からどの程度逸脱するかの指標である、横ずれ量 ΔY を算出する必要がある。本装置では、まず、走行レーン推定手段4により、自車両に対する走行車線（走行レーン）の相対位置を推定し、横ずれ量算出手段4Aは、この相対位置に基づいて現時点での横ずれ量 ΔY_0 を算出する。ここでは、カメラ2による画像情報に基づいて、車両に最も近い地点（第1検出点）における自車両中心線と道路中心線LCとの横方向距離（道路幅方向、カメラ画像の横方向距離）を横ずれ量（横偏差） ΔY_0 として算出する。

【0065】こうして現時点での横ずれ量 ΔY_0 の算出が行なわれると、さらに、車両から所定距離だけ離れた第1検出点における基準線位置情報と、この近地点よりもさらに車両1から距離 L だけ離れた第2検出点における基準線位置情報とから、屈曲した道路中心線LCの接線方向を算出する。また、現在の車両位置情報と、現在の操舵角を維持して距離 L だけ離れた時点における車両位置情報とから車両進行方向を算出し、この車両進行方向と道路中心線LCの接線方向とがなす偏角 β を算出する。

【0066】ここでは、図4に示すように、第2検出点（LC2）を、第1検出点（LC1）から所定時間 t 後に到達すると予測できる地点、つまり、第1検出点（LC1）から現時点での車速 V に所定時間 t を乗じて得られる距離 L にある地点として、これらの第1検出点（LC1）と第2検出点（LC2）とを結んだ直線と、車両1の進行方向線とがなす角を偏角 β として算出する。

【0067】このようにして、現時点での横ずれ量 ΔY_0 と偏角 β が算出されると、横ずれ量算出手段4Aは、さらに偏角 β に車速センサ32で検出された車両の車速

V と所定時間 t とを乗じて横ずれ変化量 Δy ($\Delta y = \beta \times V \times t$)を算出し、これに現時点における横ずれ量(横偏差) ΔY_0 を加算して所定時間 t 後における予測横ずれ量 ΔY ($= \Delta Y_0 + \beta \times V \times t$)を算出する。

【0068】一方、カーブ路において車両の旋回を妨げるように作用する遠心力の大きさの指標である横加速度 G は、横加速度算出手段7により算出されるが、まず、走行レーン推定手段4の機能要素である道路曲率算出手段4Bにより、道路中心線 LC の画像情報に基づいて走行レーンの曲率(道路曲率) ρ を推定し、この道路曲率 ρ に基づき横加速度 G を算出する。

【0069】つまり、図5に示すように、車両から所定距離だけ離れた第1検出点($LC1$)と第2検出点($LC2$)に対して、さらに第2検出点($LC2$)から距離 L だけ前方に第3検出点($LC3$)を取り、第1検出点($LC1$)から第2検出点($LC2$)に至る第1のベクトル $LC1LC2$ と、第2検出点($LC2$)から第3検出点($LC3$)に至る第2のベクトル $LC2LC3$ とのなす角度 θ を第2検出点($LC2$)における曲率指標(曲率特性)として算出する。そして、これらの距離 L と曲率指標 θ とから第2検出点($LC2$)における走行レーンの曲率(道路曲率) ρ を(1)式を用いて算出し、さらに、車速センサ32で検出される車両の走行速度 V を用いて(2)式から横加速度 G を算出する。

【0070】このようにして、横ずれ量 ΔY と横加速度 G とが算出されると、制御トルク算出手段5は、まず、横ずれ対応操舵用制御トルク算出手段5Aにより、図6に示すようなマップやテーブル又は演算式を用いて横ずれ防止トルク T_y を算出する。横ずれ防止トルク T_y は、横ずれ量 ΔY に比例し、且つ、その大きさを一定値で制限される。つまり、図6に示すように、車両が道路中心線から右側へずれば、この横ずれ量 ΔY に応じて車両を車線左側へ導く左操舵の横ずれ防止トルク T_y を設定し、車両が道路中心線から左側へずれば、この横ずれ量 ΔY に応じて車両を車線右側へ導く右操舵の横ずれ防止トルク T_y を設定するが、いずれも、横ずれ防止トルク T_y の大きさは一定値 T_{ym} で制限される。

【0071】このように横ずれ防止トルク T_y を制限することで、横ずれ防止トルク T_y が過大になることはなく、横ずれ防止トルク T_y の大きさはドライバが容易に打ち勝てる程度に保たれることになる。この横ずれ防止トルク T_y が付与されると、ドライバは車線逸脱(道路中心線からの外れ)とその修正方向をハンドル20の保舵感等から感じ取り、車両位置の修正が、ドライバの操舵操作によって速やかに行なわれるようになる。この横ずれ防止トルク T_y 自体もドライバへの警告の意味だけでなく車両位置の修正のためにも有効となる。また、横ずれ防止トルク T_y による警告は、例えば脇見運転のドライバに対しても有効であり、この場合、車線からの逸脱を未然に防ぎながら、ドライバへ脇見運転の防止を促

すことにもなる。

【0072】そして、この横ずれ防止トルク T_y は、現時点における横ずれ量 ΔY_0 のみならず、現時点における横ずれ量 ΔY_0 に車速 V と偏角 β とから予測される所定時間 t 後における横ずれ変化量 Δy を加算して得られる予測横ずれ量 ΔY をもとに決定されるため、車両が逸脱しようとしている度合いを前もって推定して制御遅れが生じないように車両の逸脱防止の制御を行なうことができ、車線逸脱防止の案内を状況に応じて的確に行なうことができる。

【0073】なお、横ずれ操舵用制御トルク算出手段5Aによる横ずれ防止トルク T_y の算出は、横ずれ量 ΔY に対して図6に示すような特性に限定されない。つまり、横ずれ防止トルク T_y は、横ずれ量 ΔY が大きくなればこれを小さくするように作用するものであればよく、特に、横ずれ量 ΔY が小さい領域では横ずれ防止トルク T_y を0として、この領域(不感帯)よりも横ずれ量 ΔY の大きさが大きくなれば、横ずれ防止トルク T_y を横ずれ量 ΔY に応じて設定するようにしてもよい。この場合、横ずれ防止トルク T_y を横ずれ量 ΔY に対して線型に増加させてもよく、また、ステップ状に増加させてもよい。

【0074】さらに、図7に示すように、不感帯領域よりも横ずれ量 ΔY の大きさが大きくなれば、横ずれ量 ΔY が減少する方向に一定の大きさの横ずれ防止トルク T_{ym} を設定するようにしてもよい。次いで、制御トルク算出手段5は、操舵用制御トルク補正手段5Bにより、図8に示すようなマップやテーブル又は演算式を用いて保舵補助トルク T_g の算出を行なう。つまり、図8に示すように、走行レーンが左方向にカーブしている場合、車両に作用する横加速度 G は車両の旋回を妨げる右方向に働くので、横加速度 G の大きさに応じて車両を左側へ旋回させる左操舵の保舵補助トルク T_g を設定し、走行レーンが右方向にカーブしている場合は、横加速度 G の大きさに応じて車両を右側へ旋回させる右操舵の保舵補助トルク T_g を設定する。ただし、ドライバが容易に打ち勝てる程度に保舵補助トルク T_g の大きさを保つため、横加速度 G の大きさが G_1 以上の場合は保舵補助トルク T_g の大きさを一定値 T_{gm} に制限する。

【0075】この保舵補助トルク T_g を付与されると、ドライバはカーブ路におけるハンドル20の保舵力を軽減され、大きな横加速度 G が作用するような場合でも容易に操舵操作が行なわれるようになる。また、この保舵補助トルク T_g は、車両がこれから進入するカーブにおいて作用するであろう横加速度 G を前もって予測し、この予測された横加速度 G をもとに決定されるため、ドライバにカーブに沿ったハンドル操舵を促すように保舵補助トルク T_g を付加することができる。このため、この保舵補助トルク T_g は車両がカーブにさしかかったことをドライバに警告する効果もあり、例えば脇見運転のド

ライバに対して有効である。

【0076】また、路面の状況によりレーン認識が不調となり、横加速度Gの算出が行なえないときには、横加速度センサ31を通じて直接検出された横加速度に基づいて保舵補助トルクTgを付与することができるので、これにより、路面の状況にかかわらずレーンガイダンス制御を継続することができる。つまりロバスト性を確保することができる。

【0077】なお、操舵用制御トルク補正手段5Bによる保舵補助トルクTgの算出は、横加速度Gに対して図8に示すような特性に限定されない。つまり、保舵補助トルクTgも、横加速度Gが大きいほどこの影響を解消するような傾向のものであればよく、例えば、図9に示すように、横加速度Gが小さい領域では保舵補助トルクTgを0として、この領域（不感帯）よりも横加速度Gの大きさが大きくなれば、保舵補助トルクTgを横加速度Gに応じて設定するようにしてもよい。

【0078】このようにして、横ずれ量 ΔY と横加速度Gに基づいた操舵用制御トルクが算出されると、制御トルク算出手段5は、さらに制御ゲイン設定手段5Cにより、運転状況に応じたゲイン設定を行う。まず、制御ゲイン設定手段5Cは、障害物検出手段としてのレーザレーダ29により前方同一レーン上の障害物を検知し、車両1と障害物との相対距離と相対速度とを検出して、車両1が障害物に達するまでの余裕時間（相対距離／相対速度）を得る。そして、この前方障害物までの余裕時間に対応して、図10（a）に示すように余裕時間が短い程徐々に小さくなるようにゲインKaを設定する。

【0079】このようにゲインKaを設定することにより、余裕時間が短かくハンドル操作の緊急性が高いときには、ゲインKaもそれに合わせて小さくなるので、ドライバは自己の意思による操作で走行車線から容易に逸脱することができるとともに、余裕時間が長くハンドル操作の緊急性が低いときには、ゲインKaもそれに合わせて大きくなるので、居眠りや操作ミス等による走行車線からの逸脱を防止することができる。さらに、ゲインKaは余裕時間に応じて徐々に小さくなるので、急激にゲインKaが変化してドライバが違和感を感じることはない。

【0080】なお、図10（a）における t_1 、 t_2 は、車線逸脱を十分防止できるとともにドライバが違和感を感じることはない程度の範囲内であれば、適宜の値を設定しうるものであり、図10（a）に示す設定マップに限定されるものではない。次いで、制御ゲイン設定手段5Cは、覚醒度検出手段26により横ずれ量 ΔY の標準偏差とハンドル操作ずれ量 $\Delta \alpha$ の標準偏差との情報に基づいてドライバの意識レベル（覚醒度）を検出する。そして、図10（b）に示すように、覚醒度が低くなる程徐々に大きくなるようにゲインKbを設定する。

【0081】このようなゲインKbの設定により、覚醒

度が高いときに操舵用制御トルクを付与されることによりドライバが煩わしさを感じることを防止することができるとともに、危険度が高い覚醒度が低いときの車線逸脱を防止することができる。さらに、ゲインKbは覚醒度に応じて徐々に下げられるので、急激にゲインKbが変化してドライバが違和感を感じることはない。

【0082】なお、 a_1 、 a_2 及び所定値 k_{b1} は、ドライバの煩雑感の防止と車線逸脱の防止とが両立できるとともにドライバが違和感を感じることはない程度の範囲内であれば、適宜の値を設定しうるものであり、図10（b）に示す設定マップに限定されるものではない。さらに、制御ゲイン設定手段5Cは、操舵トルクセンサ28と操舵角センサ27とによりそれぞれハンドルの操舵トルクと操舵角速度とを検出し、図10（c）、（d）に示すように、操舵トルクが大きい程、また、操舵角速度が大きい程、徐々に小さくなるようにそれぞれゲインKc1、Kc2を設定する。

【0083】このように操舵トルク、操舵角速度に応じてゲインKc1、Kc2を小さくすることにより、ドライバが自己の意思によりハンドル操作を行なったときには、走行車線からの逸脱が容易に行なえるとともに、居眠り等による走行車線からの逸脱は防止することができる。さらに、ゲインKc1、Kc2はそれぞれ操舵トルク、操舵角速度に応じて徐々に小さくなるので、急激にゲインKc1、Kc2が変化してドライバが違和感を感じることはない。

【0084】なお、図10（c）、（d）における $T\alpha_1$ 、 $V\alpha_1$ は、ドライバの自己の意思による車線逸脱の許容と居眠り等による車線逸脱の防止とが両立できるとともにドライバが違和感を感じることはない程度の範囲内であれば、適宜の値を設定しうるものであり、図10（c）、図10（d）に示す設定マップに限定されるものではない。

【0085】さらに、制御ゲイン設定手段5Cは、上述のように余裕時間、覚醒度、操舵トルク、操舵角速度に応じてゲインを設定するとともに、ドライバがウインカ30で逸脱方向を指示した場合には、指示した方向への操舵用制御トルクのみゲインKdを0にして指示方向への逸脱を許容する。これにより、ドライバがウインカ30で指示した場合には、操舵用制御トルクTcにより妨げられることなく車線変更したり、右左折することができる。

【0086】このように、本車線逸脱防止装置によれば、制御ゲイン設定手段5Cを通じて、車両が前方障害物に達するまでの余裕時間、ドライバの意識レベル、ドライバがハンドルを操舵する操舵トルクと操舵角速度、ウインカ指示といった車両の運転状況に応じて操舵用制御トルクTcの制御ゲインKa、Kb、Kc1、Kc2、Kdを設定することができるので、ドライバの意思による操舵操作を妨げたり、違和感を与えたりすること

なく、状況に応じた的確な車線逸脱防止の案内を行なうことができるのである。

【0087】また、ローパスフィルタ25により、操舵用制御トルク T_c が平滑化処理されて出力されるので、操舵アクチュエータ21で発生する操舵用制御トルクが急変することなく滑らかに連続するようになり、車線逸脱防止の制御を安定させることができる利点もある。なお、運転状況検出手段は、上述の手段、即ち、レーザレーダ（障害物検出手段）29、覚醒度検出手段26、操舵トルクセンサ27、操舵角センサ28、ウインカ30の全てをそなえたものでなくてもよく、必要に応じて一部の手段のみをそなえたものであってもよい。また、予め全ての手段をそなえておき、必要のないときは制御ゲイン設定手段5Cにおいて制御ゲイン K_a 、 K_b 、 K_c1 、 K_c2 、 K_d の該当するものを強制的に1.0に設定するようにしてもよい。

【0088】また、障害物検出手段は、レーザレーダ29に限定されるものではなく、例えば画像情報から障害物を認識することができれば、カメラ2及び画像情報処理手段3等を障害物検出手段とすることも考えられる。

【0089】

【発明の効果】以上詳述したように、請求項1記載の本発明の車線逸脱防止装置によれば、自車両が走行車線から逸脱しそうになるとこれを防止する方向にドライバの操舵力とは別に操舵用制御トルクが操舵アクチュエータにより付与され、しかも、操舵用制御トルクは車両の横ずれ量に応じた大きさに設定されるので、車両が逸脱しようとしている度合いに応じて適切な大きさの操舵用制御トルクを付与することができるとともに、さらに、車両が前方障害物に達するまでの余裕時間、ドライバの意識レベル、ドライバがハンドルを操舵する操舵トルクと操舵角速度といった車両の運転状況に応じて操舵用制御トルクの制御ゲインを設定することができるので、ドライバの意思による操舵操作を妨げたり、違和感を与えたりすることなく、状況に応じた的確な車線逸脱防止の案内を行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態としての車線逸脱防止装置の構成を模式的に示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施形態にかかる走行レーン認識のための画像処理を説明する図である。

【図3】本発明の一実施形態にかかる走行レーン認識を（a）～（f）の順で説明する模式図である。

【図4】走行レーン認識を説明する模式的な平面図である。

【図5】走行レーンの曲率の算出について説明するための説明図である。

【図6】本発明の一実施形態としての車線逸脱防止装置にかかる横ずれ防止トルクの設定マップの一例を示す図である。

【図7】本発明の一実施形態としての車線逸脱防止装置にかかる横ずれ防止トルクの設定マップの他の例を示す図である。

【図8】本発明の一実施形態としての車線逸脱防止装置にかかる保舵補助トルクの設定マップの一例を示す図である。

【図9】本発明の一実施形態としての車線逸脱防止装置にかかる保舵補助トルクの設定マップの他の例を示す図である。

【図10】本発明の一実施形態としての車線逸脱防止装置にかかる制御ゲインの設定マップの一例を示す図であり、（a）はゲイン K_a の設定マップを示す図、（b）はゲイン K_b の設定マップを示す図、（c）はゲイン K_c1 の設定マップを示す図、（d）はゲイン K_c2 の設定マップを示す図である。

【図11】本発明の一実施形態としての車線逸脱防止装置の動作を説明するフローチャートである。

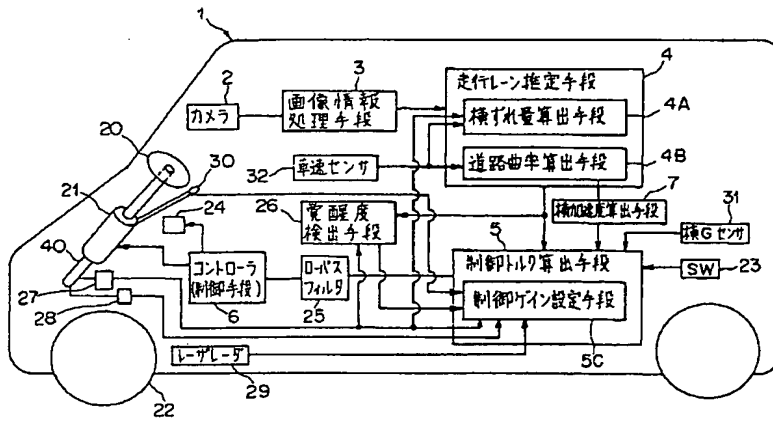
【図12】本発明の一実施形態としての車線逸脱防止装置の作用を説明するブロック図である。

【図13】本発明の一実施形態としての車線逸脱防止装置にそなえられる操舵アクチュエータの構成の一例を示す図である。

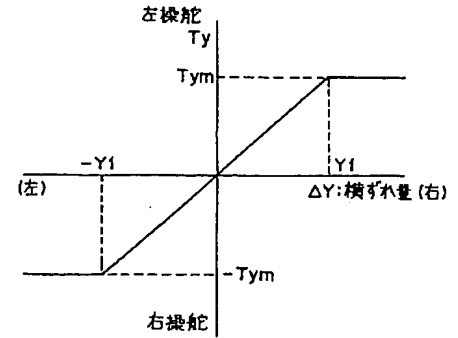
【符号の説明】

- 1 車両
- 2 カメラ
- 3 画像情報処理手段
- 4 走行レーン推定手段
- 4A 横ずれ量算出手段
- 4B 道路曲率算出手段
- 5 制御トルク算出手段
- 5A 横ずれ対応操舵用制御トルク算出手段
- 5B 制御トルク補正手段
- 5C 制御ゲイン設定手段
- 6 制御手段（コントローラ）
- 7 横加速度算出手段
- 21 操舵アクチュエータ
- 26 覚醒度検出手段（運転状況検出手段）
- 27 操舵角センサ（運転状況検出手段）
- 28 操舵トルクセンサ（運転状況検出手段）
- 29 レーザレーダ（運転状況検出手段）
- 30 ウインカ
- 31 横加速度センサ
- 32 車速センサ
- L C 道路中心線

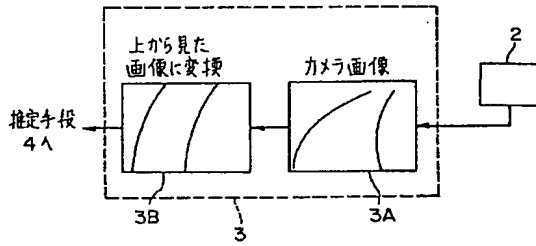
【図1】



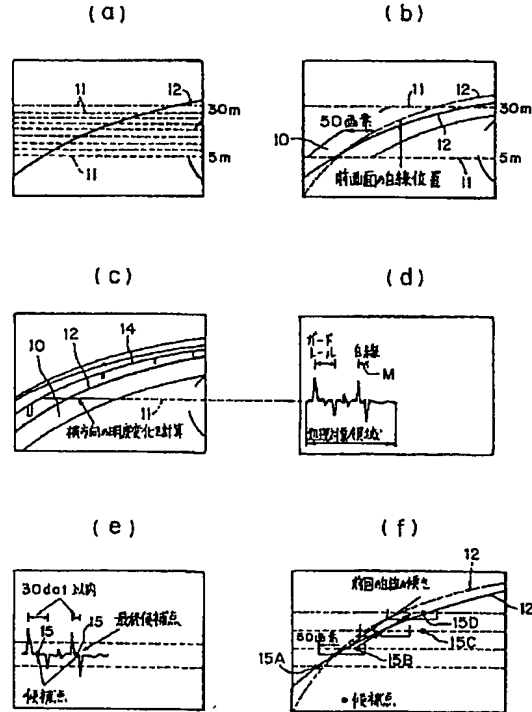
【図6】



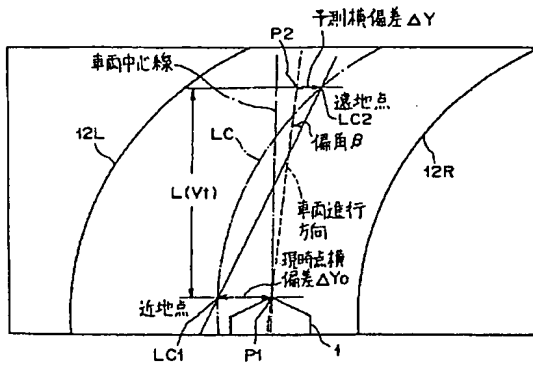
【図2】



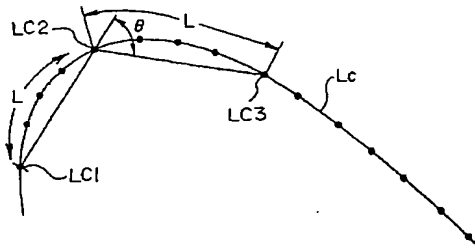
【図3】



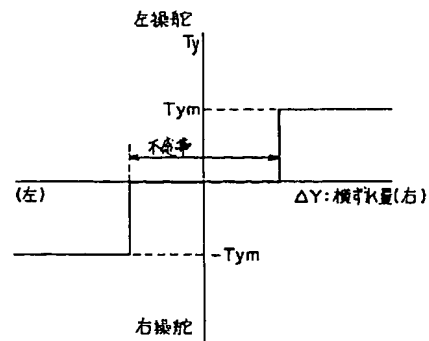
【図4】



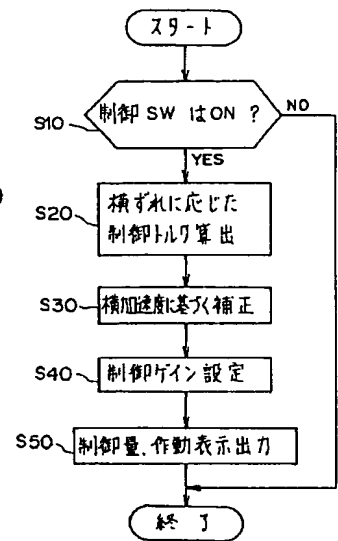
【図5】



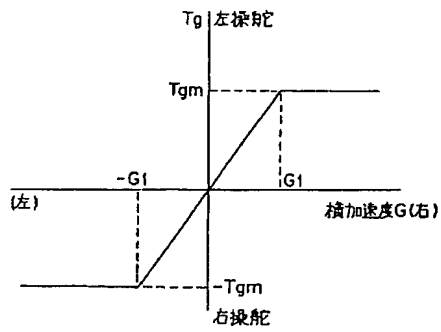
【図7】



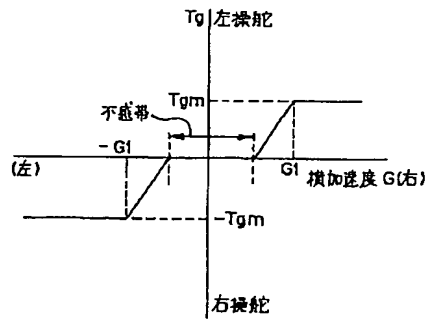
【図11】



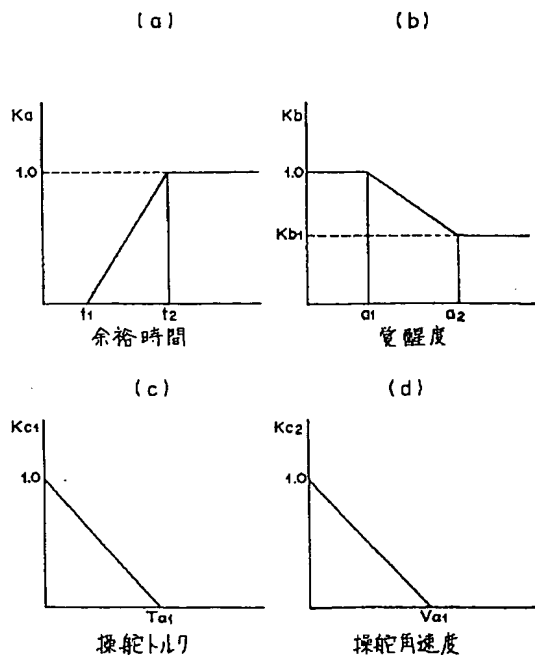
【図8】



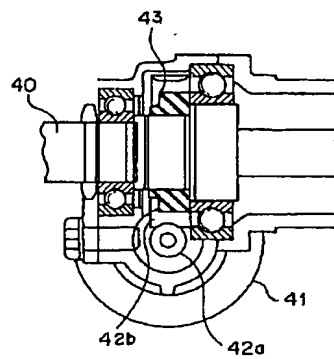
【図9】



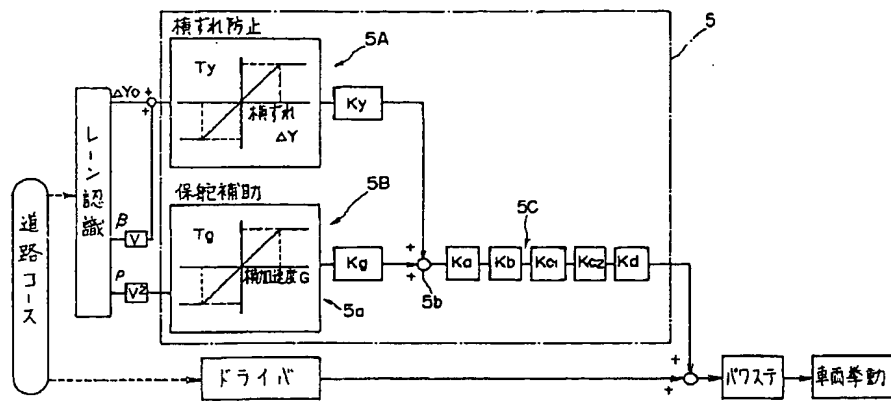
【図10】



【図13】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 太田 貴志
 東京都港区芝五丁目33番8号 三菱自動車
 工業株式会社内